



52

COPY

10

11

21

22

43

## Offenlegungsschrift 1933 205

Aktenzeichen: P 19 33 205.9

Anmeldetag: 26. Juni 1969

Offenlegungstag: 7. Januar 1971

Ausstellungspriorität: —

30

Unionspriorität

32

Datum: —

33

Land: —

31

Aktenzeichen: —

54

Bezeichnung: Mikroschritt-Motor

61

Zusatz zu: —

62

Ausscheidung aus: —

71

Anmelder: Siemens AG, 1000 Berlin und 8000 München

Vertreter: —

72

Als Erfinder benannt: Benthin, Frank; Bienecke, Dipl.-Ing. Otto; 1000 Berlin

Benachrichtigung gemäß Art. 7 § 1 Abs. 2 Nr. 1 d. Ges. v. 4. 9. 1967 (BGBl. I S. 960): —

SIEMENS AKTIENGESellschaft  
Berlin und München

Erlangen, den 26.6.1969  
Werner-von-Siemens-Str. 50

PLA 69/0070  
Kr/Etz

### Mikroschritt-Motor

Die Erfindung betrifft einen Mikroschritt-Motor mit geradliniger Bewegung seines Antriebsorgans, bei dem ein zwischen zwei steuerbaren Festhalteeinrichtungen angeordnetes, unter dem Einfluß einer elektrischen Steuergröße eine Längenänderung erfahrendes Vorschubelement die Bewegung des Antriebsorgans bewirkt.

Bei einem bekannten Mikroschritt-Motor dieser Art besteht das Vorschubelement aus einem den piezoelektrischen Effekt zeigenden Keramikkörper, der an seinen beiden Enden mit jeweils einer Festhalteeinrichtung verbunden ist. Jede Festhalteeinrichtung des bekannten Motors enthält einen Elektromagneten, der mit Polstücken auf einem eisernen Führungsprisma aufliegt.

Wird bei dem bekannten Mikroschritt-Motor an den Keramikkörper eine elektrische Spannung angelegt, dann tritt eine Längenänderung ein. Diese Längenänderung bewirkt, da jeweils ein Elektromagnet erregt und damit das von dem Vorschubelement und den beiden Festhalteeinrichtungen gebildete Antriebsorgan an einem Ende festgelegt ist, eine Bewegung des anderen Endes des Antriebsorgans, wobei der andere, nicht erregte Elektromagnet mit den zugeordneten Polstücken auf der eisernen Führungsschiene verschoben wird. Das Ausmaß der Bewegung ist dabei bis zu einem gewissen Grade von der Höhe der an den Keramikkörper angelegten Spannung abhängig; die maximal mögliche Längenänderung ist durch die Dimensionierung des Keramikkörpers bedingt.

Nach erfolgter Längenänderung des Keramikkörpers und entsprechender Verschiebung der Festhaltevorrichtung mit dem nicht erregten Magneten wird diese (bisher frei auf der Führungsschiene verschiebbare) Festhaltevorrichtung durch entsprechende Ansteuerung ihres Elektromagneten an der eisernen Führung festgehalten und danach durch Abtrennen der Spannung von dem Keramikkörper eine Kontraktion des Keramikkörpers bewirkt. Da gleichzeitig mit dem Abtrennen der elektrischen Spannung vom Keramikkörper die bisher fest-sitzende Festhalteeinrichtung infolge Aberregung ihres Elektromagneten freigegeben wird, kann diese Festhalteeinrichtung der Kontraktionsbewegung des Keramikkörpers folgen; der Motor hat einen Schritt ausgeführt. Zur Erzielung weiterer Schritte ist eine wiederholte, im oben angegebenen Rhythmus erfolgende Ansteuerung der Elektromagneten der beiden Festhalteeinrichtungen und des Keramikkörpers vorzunehmen.

Nachteilig ist der bekannte Mikroschritt-Motor unter anderem insofern, als bei ihm das gesamte Antriebsorgan mit den beiden Festhalteeinrichtungen samt Elektromagneten und Polstücken auf einem Führungsprisma aufliegt. Bei einer Bewegung des Antriebsorgans ist daher die auch von dem Gewicht des Antriebsorgans abhängige Reibungskraft zwischen dem Antriebsorgan und der Führung zu überwinden. Außerdem gehen bei der Bewegung des Antriebsorgans die unvermeidbaren Unebenheiten der Prismenflächen ein. Bei dem bekannten Mikroschritt-Motor muß also mit einer nicht unerheblichen Reibung gerechnet werden, die die Einstellgenauigkeit des Antriebsorgans nachteilig beeinflußt.

Außerdem ist die Wirkungsweise des bekannten Mikroschritt-Motors an die Verwendung von Elektromagneten in den Festhalteeinrichtungen gebunden, so daß dieser Motor in den Fällen nicht einsetzbar ist, in denen durch die Magnetfelder der

1933205

Elektromagneten unerwünschte Auswirkungen auf dem Motor benachbarte Einrichtungen zu befürchten sind. Dies ist beispielsweise dann der Fall, wenn der bekannte Mikroschritt-Motor zur Bewegung von Objektischen von Elektronenmikroskopen eingesetzt werden soll, da bei diesen Mikroskopen durch die Magnetfelder eine unerwünschte Strahlbeeinflussung hervorgerufen werden kann.

Zur Vermeidung der Nachteile des bekannten Mikroschritt-Motors, d.h. zur Gewinnung eines reibungsfrei arbeitenden Motors, bei dem die Wirkungsweise nicht an die Erzeugung von Magnetfeldern gebunden ist, eignet sich ein Motor, der gemäß der Erfindung dadurch gekennzeichnet ist, daß als Antriebsorgan ein Vorschubelement mit an seinen beiden Enden angebrachten, in Bewegungsrichtung sich erstreckenden Betätigungsansätzen dient, die zwischen Halteelementen der beiden steuerbaren Festhalteeinrichtungen angeordnet sind, und daß durch eine in Abhängigkeit von der Steuerung des Vorschubelementes erfolgende Ansteuerung der Halteelemente mit weiteren elektrischen Steuergrößen infolge der dabei auftretenden Längenänderung der Halteelemente ein abwechselndes Festklemmen des Antriebsorgans im Bereich seiner Betätigungsansätze und damit die geradlinige Bewegung des Antriebsorgans eintritt.

Bei dem erfindungsgemäßen Mikroschritt-Motor ist also durch zwischen Halteelementen der Festhalteeinrichtung angeordnete Betätigungsansätze dafür gesorgt, daß bei einer Längenänderung des Vorschubelementes infolge entsprechender elektrischer Ansteuerung und Freigabe des Antriebsorgans im Bereich eines Betätigungsansatzes die Verschiebung des Antriebsorgans ohne Überwindung von Reibungskräften erfolgen kann, da das Antriebsorgan stets durch eine Festhalteeinrichtung einseitig gehalten ist und daher mit ihrem anderen Betätigungsansatz bei entsprechender Ansteuerung der anderen Festhalteeinrichtung frei zwischen deren Halteelementen beweg-

009882/1211

-4-

1933205

bar ist. Bei dem erfindungsgemäßen Mikroschritt-Motor ist daher die Reibung bei der Bewegung des Antriebsorgans Null.

Bei dem erfindungsgemäßen Mikroschritt-Motor kann das Vorschubelement in an sich bekannter Weise aus einem den piezoelektrischen Effekt zeigenden Körper bestehen, wobei dann als elektrische Steuergröße für das Vorschubelement eine Spannung zu verwenden ist.

Es ist aber auch möglich, als Vorschubelement einen ferromagnetischen Körper zu verwenden und zur Ausnutzung der Magnetostriktion als elektrische Steuergröße für das Vorschubelement einen Strom zur Erzeugung eines Magnetfeldes zu benutzen. Von einem derartig ausgebildeten Vorschubelement wird man jedoch nur in den Fällen Gebrauch machen, wo Magnetfelder des Motors keine störenden Einflüsse auf dem Motor benachbarte Anordnungen ausüben.

Als besonders vorteilhaft erweist sich der erfindungsgemäße Mikroschritt-Motor dann, wenn die Halteelemente der Festhalteeinrichtungen Bauteile mit piezoelektrischem Effekt sind, wobei dann als weitere Steuergrößen für die Halteelemente Spannungen benutzt werden. Eine derartige Ausbildung des erfindungsgemäßen Motors ist deshalb vorteilhaft, als damit, insbesondere wenn man auch für das Vorschubelement einen den piezoelektrischen Effekt zeigenden Körper verwendet, im erfindungsgemäßen Motor keine Magnetfelder erzeugt werden. Ein solcher Motor kann daher mit Vorteil zum Antrieb von Objektträgern bei Elektronenmikroskopen verwendet werden, da infolge Fehlens jeglicher Magnetfelder durch den Motor keine Strahlbeeinflussung hervorgerufen werden kann.

In Abweichung von der eben skizzierten Ausbildung der Halteelemente des erfindungsgemäßen Mikroschritt-Motors ist auch eine Ausführung der Halteelemente aus ferromagnetischem Werkstoff möglich. In diesem Falle werden zur Aus-

009882/1211

-5-

1933205

nutzung der Magnetostriktion als weitere elektrische Steuergrößen Ströme zur Erzeugung von die Halteelemente beeinflussenden Magnetfelder benutzt. Nach den vorangehenden Ausführungen ist verständlich, daß diese Ausführung des erfindungsgemäßen Motors nur dann einsetzbar ist, wenn Magnetfelder des Motors für benachbarte Einrichtungen nicht als störend empfunden werden.

Hinsichtlich der Anordnung der mit den Betätigungsansätzen des Vorschubelementes zusammenwirkenden Halteelemente sind bei dem erfindungsgemäßen Mikroschritt-Motor unterschiedliche Ausführungen möglich. Beispielsweise können die Halteelemente an den Betätigungsansätzen fest angebracht sein und sich bei Ansteuerung mit den weiteren elektrischen Größen gegen Teile des Außenkörpers des Motors drücken. Bei dieser Ausführung müssen im Motor selbst verhältnismäßig große Massen von dem sich in der Länge ändernden Vorschubelement bewegt werden.

Günstiger ist in dieser Hinsicht eine Ausführung, bei der die Halteelemente mit ihrem jeweils von den Betätigungsansätzen abgewendeten Enden fest mit Teilen des Außenkörpers verbunden sind. Hierbei wird von dem Vorschubelement bei einer Längenänderung nur die Masse der Betätigungsansätze und selbstverständlich die nachgeordneter, anzutriebender Mittel bewegt.

Zur schrittweisen Steuerung des Antriebsorgans ist eine bestimmte zeitliche Folge bei der Ansteuerung des Vorschubelementes und der Halteelemente der beiden Festhalteeinrichtungen erforderlich. Diese Ansteuerung kann in an sich bekannter Weise durch rotierende Schalter oder entsprechende Schaltvorgänge auslösende Relaischaltanordnungen bzw. elektronische Schaltanordnungen erfolgen.

009882/1211

1933205

Die Weite des einzelnen Schrittes läßt sich durch ein Potentiometer verändern, mit dem die dem Vorschubelement mit piezoelektrischem Effekt zugeführte elektrische Spannung eingestellt wird. Bei Verwendung eines ferromagnetischen Körpers als Vorschubelement muß der das Magnetfeld erzeugende Strom entsprechend eingestellt werden.

Es hat sich bei dem erfindungsgemäßen Mikroschritt-Motor erwiesen, wenn an den mechanischen Kontaktstellen zwischen den Halteelementen und den Betätigungsansätzen bzw. dem Außenkörper des Motors Teile, insbesondere Glasplatten, angeordnet sind, die ein Verschweißen der Halteelemente mit den Betätigungsansätzen bzw. dem Außenkörper des Motors verhindern. Dabei können die Glasplatten zwischen den Halteelementen und dem Außenkörper des Motors oder bei einer anderen Ausführung zwischen den Betätigungsansätzen und den Halteelementen liegen.

Zur Erläuterung der Erfindung ist in den Figuren 1 bis 3 ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Mikroschritt-Motors in schematischer Darstellung in verschiedenen Arbeitslagen dargestellt.

Wende man sich zunächst der Figur 1 zu, dann erkennt man ein Vorschubelement 1, das an seinen Enden 2 und 3 mit Betätigungsansätzen 4 und 5 ausgerüstet ist; diese Teile bilden das Antriebsorgan des erfindungsgemäßen Motors. Der besseren Übersicht halber sind in der Figur 1 und auch in den anderen Figuren die zur Ansteuerung des Vorschubelementes 1 benötigten elektrischen Schaltungsmittel nicht dargestellt.

Die Betätigungsansätze 4 und 5 des Vorschubelementes 1 sind zwischen jeweils zwei Halteelementen 6 und 7 bzw. 8 und 9 zweier Festthalteeinrichtungen 10 und 11 angeordnet,

009882/1211

die in einer in den Figuren nicht näher dargestellten Weise elektrisch angesteuert werden. Die Halteelemente 6 und 7 bzw. 8 und 9 können aus den piezoelektrischen Effekt zeigenden Körpern oder aus ferromagnetischen Bauelementen bestehen. Nach ihrer Ausführung richtet sich dann auch die zu ihrer Ansteuerung benötigte elektrische Größe. Die Halteelemente 6 und 7 bzw. 8 und 9 sind an ihren jeweils von den Betätigungsansätzen 4 und 5 abgewendeten Enden mit Metallplatten 12 bis 15 verbunden. An den den Halteelementen 6 bis 9 gegenüberliegenden Teilen der Betätigungsansätze 4 und 5 sind Glasplatten 16 bis 19 angebracht. Zum konstruktiven Zusammenhalt des Motors dienen Teile 20 und 21 des Außenkörpers.

Wie die Figur 1, in der das aus dem Vorschubelement 1 und den beiden Betätigungsansätze 4 und 5 bestehende Antriebsorgan in seiner Ausgangsstellung gezeigt ist, ferner erkennen läßt, pressen sich in dieser Stellung die Halteelemente 6 und 7 infolge entsprechender Ansteuerung mit der dadurch hervorgerufenen Längenänderung gegen den Betätigungsansatz 4, wodurch das Ende 2 des Vorschubelementes 1 festgehalten wird. Die Halteelemente 8 und 9 der Festhalteinrichtung 11 am anderen Ende des Antriebsorgans 1 sind von der elektrischen Steuergröße abgetrennt und geben infolgedessen den Betätigungsansatz 5 frei. Wird in diesem Zustand des Motors dem Vorschubelement 1 eine elektrische Spannung zugeführt, dann führt es eine Längenänderung aus, die wegen des mittels des festgehaltenen Betätigungsansatzes 4 festen Endes 2 eine Verschiebung des Endes 3 des Vorschubelementes 1 und damit auch des Betätigungsansatzes 5 in die in der Figur 2 ausgezeichnete Lage zur Folge hat. Nach dieser Verschiebung erfolgt eine Umsteuerung der beiden Festhalteinrichtungen 10 und 11 derart, daß nunmehr infolge Beaufschlagung der beiden Halteelemente 8 und 9 mit einer elektrischen Steuergröße der Betätigungsansatz 5 festgesetzt wird, während sich die bisher gegen den Betäti-



gungsansatz 4 gepreßten Halteelemente 6 und 7 zusammenziehen und damit den Betätigungsansatz 4 freigeben. Wird nunmehr das Vorschubelement 1 von der angelegten Spannung abgetrennt, dann führt es eine Kontraktionsbewegung aus, die sein Ende 2 in die in der Figur 3 dargestellte Position bringt. Gleichzeitig damit wird der Betätigungsansatz 4 entsprechend bewegt. Das Antriebsorgan des erfindungsgemäßen Motors hat sich damit um eine Schrittweite  $s$  (vergl. Fig. 2) bewegt und dabei beispielsweise ein in den Figuren nicht dargestelltes, mit dem Betätigungsansatz 4 oder 5 verbundenes Getriebe verstellt.

Zur Erzielung weiterer Schritte des Antriebsorgans des erfindungsgemäßen Mikroschritt-Motors muß die Ansteuerung der beiden Festhalteeinrichtungen 10 und 11 und ihrer Halteelemente 7 bis 9 zunächst so erfolgen, daß die Halteelemente wieder die in der Figur 1 gezeigte Lage einnehmen. Dazu muß die Ansteuerung der Festhalteeinrichtung 11 beendet werden, worauf sich dann ihre Halteelemente 8 und 9 zusammenziehen und infolgedessen den Betätigungsansatz 5 freigeben. Ferner muß die Ansteuerung der Festhalteeinrichtung 10 wieder einsetzen, worauf sich deren Halteelemente 6 und 7 gegen den Betätigungsansatz 4 pressen und diesen festhalten. Danach kann in der obenbeschriebenen Weise durch entsprechende zeitlich aufeinanderfolgende Ansteuerung des Vorschubelementes 1 und der beiden Festhalteeinrichtungen 10 und 11 ein weiterer Schritt des Antriebsorgans erzielt werden. Weitere Schritte können folgen.

Der Bewegungs- bzw. Schaltzyklus besteht bei dem erfindungsgemäßen Mikroschritt-Motor also in einer Verschiebung des Vorschubelementes, einer Umschaltung der Ansteuerung von einer Festhalteeinrichtung zur anderen mit Zusammenziehen der Halteelemente der einen und Ausdehnung der Halteelemente der anderen Festhalteeinrichtung, einer Zusammenziehung des Vorschubelementes und erneuter Umschaltung der Festhal-

teeinrichtungen mit entsprechenden Längenänderungen der Halteelemente. Eine Bewegung in entgegengesetzter Richtung ergibt sich in analoger Umkehrung, wobei der Schalt- bzw. Bewegungszyklus dann aus Zusammenziehung des Vorschubelementes, Umschaltung der Festhalteeinrichtungen, Ausdehnung des Vorschubelementes und erneuter Umschaltung der Festhalteeinrichtungen besteht.

Die bei einem Zyklus auftretende Schrittweite des Antriebsorgans kann durch Änderung der Höhe der an das Vorschubelement angelegten Spannung im Falle eines den piezoelektrischen Effekt zeigenden Körpers oder durch Änderung der Stromstärke im Falle eines ferromagnetischen Körpers verändert werden, wodurch eine Feineinstellung ermöglicht ist.

Durch die Erfindung ist ein Mikroschritt-Motor geschaffen, bei dem eine reibungsfreie Bewegung des Antriebsorgans erreicht ist und bei dem die Möglichkeit besteht, die Bewegung des Antriebsorgans unter Vermeidung von Magnetfeldern zu bewerkstelligen. Der erfindungsgemäße Motor ist daher auch dann einsetzbar, wenn eine Beeinflussung benachbarter Einrichtung durch Magnetfelder eines Motors nicht zulässig ist.

3 Figuren

9 Ansprüche

1933205

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Mikroschritt-Motor mit geradliniger Bewegung seines Antriebsorgans, bei dem ein zwischen zwei steuerbaren Festhalteeinrichtungen angeordnetes, unter dem Einfluß einer elektrischen Steuergröße eine Längenänderung erfahrendes Vorschubelement die Bewegung des Antriebsorgans bewirkt, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß das Antriebsorgan ein Vorschubelement mit an seinen beiden Enden angebrachten, in Bewegungsrichtung sich erstreckenden Betätigungsansätzen enthält, die zwischen Halteelementen der beiden steuerbaren Festhalteeinrichtungen angeordnet sind, und daß durch eine in Abhängigkeit von der Steuerung des Vorschubelementes erfolgende Ansteuerung der Halteelemente mit weiteren elektrischen Steuergrößen infolge der dabei auftretenden Längenänderung der Halteelemente ein abwechselndes Festklemmen des Antriebsorgans im Bereich seiner Betätigungsansätze und damit die geradlinige Bewegung des Antriebsorgans eintritt.

2. Motor nach Anspruch 1, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß das Vorschubelement in an sich bekannter Weise aus einem den piezoelektrischen Effekt zeigenden Körper besteht und daß als elektrische Steuergröße für das Vorschubelement eine Spannung dient.

3. Motor nach Anspruch 1, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß das Vorschubelement ein ferromagnetischer Körper ist und daß zur Ausnutzung der Magnetostriction als elektrische Steuergröße für das Vorschubelement ein Strom zur Erzeugung eines Magnetfeldes verwendet wird.

009882/1211

4. Motor nach einem der vorangehenden Ansprüche, d a -  
d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß die Halte-  
elemente der Festhalteeinrichtungen Bauteile mit piezo-  
elektrischem Effekt sind und daß als weitere elektrische  
Steuergrößen für die Halteelemente Spannungen benutzt  
werden.

5. Motor nach einem der Ansprüche 1 bis 3, d a d u r c h  
g e k e n n z e i c h n e t , daß die Halteelemente ferro-  
magnetische Bauteile sind und daß zur Ausnutzung der Magne-  
tostriktion als weitere elektrische Steuergrößen Ströme zur  
Erzeugung von die Halteelemente beeinflussenden Magnet-  
feldern benutzt werden.

6. Motor nach einem der vorangehenden Ansprüche, d a -  
d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß die Halte-  
elemente mit ihrem jeweils von den Betätigungsansätzen  
abgewendeten Enden fest mit Teilen des Außenkörpers des  
Motors verbunden sind.

7. Motor nach einem der Ansprüche 1 bis 5, d a d u r c h  
g e k e n n z e i c h n e t , daß die Halteelemente an  
den Betätigungsansätzen angebracht sind und sich bei An-  
steuerung mit den weiteren elektrischen Steuergrößen gegen  
Teile des Außenkörpers des Motors drücken.

8. Motor nach einem der vorangehenden Ansprüche, d a -  
d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß zur An-  
steuerung des Vorschubelementes und der Halteelemente in  
an sich bekannter Weise rotierende Schalter oder entspre-  
chende Schaltvorgänge auslösende Relaischaltanordnungen  
bzw. elektronische Schaltanordnungen dienen.

9. Motor nach einem der vorangehenden Ansprüche, d a -  
d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß an den  
mechanischen Kontaktstellen zwischen den Halteelementen  
und den Betätigungsansätzen bzw. dem Außenkörper des  
Motors Teile, insbesondere Glasplatten, angeordnet sind,  
die ein Verschweißen der Halteelemente mit den Betätigungs-  
ansätzen bzw. dem Außenkörper des Motors verhindern.

009882/1211

21. 8. 37-10 T: 26.06.1969 OT: 07.01.1971

- 13 -

Fig. 1

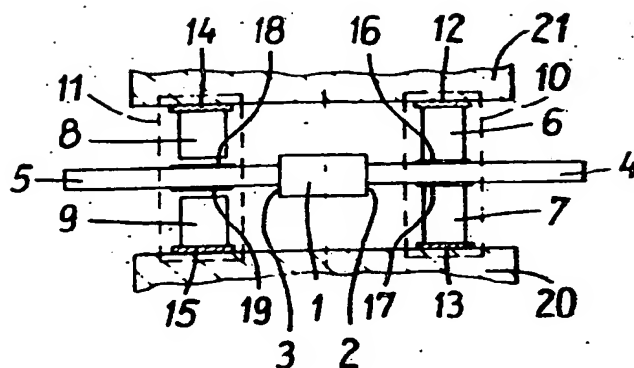


Fig. 2

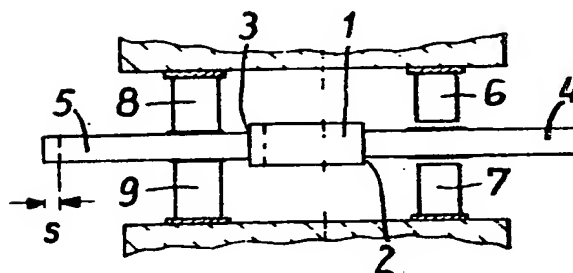
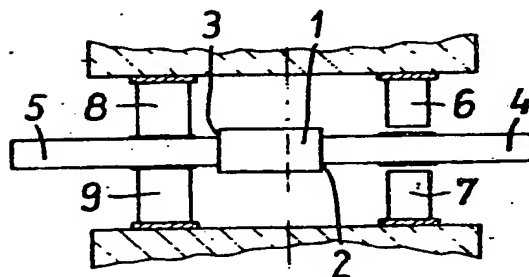


Fig. 3



009882/1211